

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA UTILIZACIÓN DE SEMILLAS DE  
MORINGA OLEIFERA COMO UNA ALTERNATIVA DE BIORREMEDIACION EN  
LA PURIFICACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES DEL CAÑO COLA DE PATO  
UBICADO EN EL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE ACACIAS**

GERMÁN RICARDO MELO VARGAS  
FABIO ARBEY TURRIAGO RÍOS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y ADISTANCIA - UNAD  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
PROGRAMA INGENIERÍA AGROFORESTAL  
VILLAVICENCIO

2012

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA UTILIZACIÓN DE SEMILLAS DE  
MORINGA OLEIFERA COMO UNA ALTERNATIVA DE BIORREMEDIACION EN  
LA PURIFICACIÓN SUPERFICIALES DEL CAÑO COLA DE PATO UBICADO  
EN EL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE ACACIAS**

GERMÁN RICARDO MELO VARGAS  
FABIO ARBEY TURRIAGO RÍOS

Propuesta de trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero Agroforestal

Dr. OSCAR JAVIER OLARTE

Asesor del Proyecto de Tesis

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y ADISTANCIA - UNAD  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA INGENIERÍA AGROFORESTAL  
VILLAVICENCIO

2012

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Villavicencio, Mayo de 2012.

A todas las personas que de una u otra forma nos colaboraron para poder realizar este sueño, y muy especialmente a nuestras **mamás María Inés Vargas Díaz y Flor Alba Ríos de Turriago.**

## AGRADECIMIENTOS

A la CEAD-ACACIAS, al excelente cuerpo de tutores, quienes nos brindaron sus conocimientos que contribuyen a hacer de nosotros profesionales exitosos.

A nuestras familias que nos apoyaron moral y económicamente durante el proceso y que tuvieron que privarse parcialmente de nuestra compañía por ofrecernos espacios y tiempo para la elaboración de este proyecto.

A las personas del Sector rural del municipio de Acacias en el tramo correspondiente a la UNAD que colaboraron con nuestra investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
PRESENTACIÓN	
RESUMEN DEL PROYECTO	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 PERTINENCIA DE ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA.	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	21
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	24
4.1 GENERALIDADES DE LA CUENCA	24
4.1.1 Ubicación geográfica.	24
4.1.2 Ubicación Georeferenciada.	25
4.1.3 Jurisdicción Político-Administrativa	25
4.1.4 Precipitaciones y temperatura.	25
4.1.5 El agua y sus características.	26
4.2 EL AGUA	26
4.2.1 Historia.	27
4.2.2 El agua como compuesto.	28
4.2.3 Propiedades físicas.	28
4.2.4 Propiedades químicas.	30
4.2.5 Reacción general.	31
4.2.6 Reacciones con los óxidos.	31

4.2.7 Reacciones de hidrólisis.	31
4.3 IONIZACIÓN DEL AGUA	31
4.4 ESTADOS FÍSICOS DEL AGUA	32
4.4.1 Estado gaseoso.	32
4.4.2 Estado líquido.	32
4.4.3 Estado sólido.	33
4.5 EL AGUA COMO DISOLVENTE	33
4.5.1 Disolución de sales.	34
4.5.2 Mezcla con aceite.	35
4.6 ESTADO DEL ARTE	35
4.6.1 Procesos de tratamiento de agua.	36
4.6.2 Determinación del potencial "Zeta" (PZ) optimo.	37
4.6.3 Eficiencia de los ayudantes de floculación.	37
4.6.4 Potencial zeta.	38
4.6.6 Floculación.	39
4.6.7 La sedimentación.	40
4.6.8 La filtración.	40
4.6.9 La cloración.	41
4.6.10 Alcalinización secundaria.	42
4.6.11 Pruebas de laboratorio efectuadas al agua durante el proceso de purificación.	42
4.6.12 Desalinización.	42
4.7 SISTEMA ALTERNO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS: SEMILLAS PARA PURIFICACIÓN DE AGUAS	44
4.7.1 La Moringa - (Moringa oleífera Lam).	45
4.7.2 La moringa como depurador de agua.	45
4.7.3 Características para su uso.	46
4.7.4 Procedimiento para el tratamiento de aguas superficiales para uso doméstico.	46
4.7.5 Tratamiento de grandes cantidades de agua.	48
5. METODOLOGÍA	51
5.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO	51
5.1.1 Paso a paso del procedimiento.	53

5.1.2 Diseño de los protocolos.	54
6. ANALISIS DE RESULTADOS	56
6.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA	56
6.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	60
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	69



## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resultados del Censo General 2005 – Acacias.	24
Tabla 2. Coordenadas x y de los tres puntos del Caño Cola de Pato.	25
Tabla 3. Efectividad del coagulante en tres meses a 4°C	49
Tabla 4. Niveles utilizados	51
Tabla 5. Valores óptimos.	52
Tabla 6. Variables reportadas por el modelo	52
Tabla 7. Caño Cola de Pato –Sector Unad-Acacias (Meta). Coordenadas del punto seleccionado para la toma de muestras de agua.	55
Tabla 8. Análisis físico-químico del agua.	56
Tabla 9. Análisis microbiológico de las dos muestras.	60

## LISTA DE FOTOS

	pág.
Foto 1. Comparación de aguas sin tratamiento y tratadas con semillas de moringa - 1gm=1000mg; x= 50mg; x= 0,05gm de semillas de Moringa/lit.agua	48
Foto 2. Coordenadas del punto seleccionado para la toma de muestras de agua.	55
Foto 3. Análisis físico-químico del agua.	56
Foto 4. Uno de los investigadores revisando datos del análisis microbiológico.	60

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Formato de informe de resultados del análisis muestra 1.	70
Anexo 2. Formato de informe de resultados del análisis muestra 2.	71
Anexo 3. Formato de informe de resultados del análisis bacteriológico muestra sin tratamiento.	72
Anexo 4. Formato de informe de resultados del análisis bacteriológico muestra con tratamiento.	73
Anexo 5. Archivo fotográfico.	74
Anexo 6. Muestras para ser enviadas al laboratorio para el respectivo análisis.	77
Anexo 7. Cronograma	78
Anexo 8. Resultados o productos esperados	79
Anexo 9. Presupuesto	81

## **PRESENTACIÓN**

Para la ejecución del presente proyecto se ha escogido el Caño Cola de Pato ubicado en el sector rural del municipio de Acacías-Meta.

La microcuenca del “CAÑO COLA DE PATO” representa la unión de ecosistema-paisaje, ubicado cerca del centro poblado del Municipio de Acacías, en el sector Este de la Cordillera Oriental, parte del área de corredor biológico entre la altillanura y el páramo de Sumapaz. Su topografía, biodiversidad y riqueza hídrica establecen un lugar privilegiado para la flora y la fauna.

Teniendo en cuenta el estado actual de la micro-cuenca; dado por la explotación del suelo, así como el uso y el aprovechamiento de sus recursos hídricos, en lo relacionado a la calidad y volumen de sus aguas, resulta de primordial interés para nosotros como representantes de la comunicad educativa UNADISTA establecer un proyecto en pro de las comunidades que utilizan sus aguas para diversas actividades como pecuarias –bebederos de animales-; agrícolas –riegos de cultivos-; y también para uso doméstico; que sea una alternativa viable, económica y benéfica en cuanto al mejoramiento de las condiciones físico-químicas y microbiológicas de las aguas del Caño Cola de Pato; mediante “LA UTILIZACIÓN DE SEMILLAS DE MORINGA OLEIFERA COMO UNA ALTERNATIVA DE BIORREMEDIACION EN LA PURIFICACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES”

## RESUMEN DEL PROYECTO

La investigación encausada hacia opciones de tratamiento de aguas superficiales con base en la utilización de coagulantes naturales en procesos de depuración y purificación, se hace necesaria teniendo en cuenta las condiciones socio-económicas y políticas actuales de nuestro país que solo hace posible satisfacer menos del 50% de la demanda nacional de agua potable, prioritariamente en las grandes ciudades, careciendo esta principalmente en las zonas rurales y periurbanas donde la cobertura para el sector rural es, en promedio, del 53,5 % en acueducto y 26,1 % en alcantarillado, (datos tomados del *informe de control de la calidad del agua en Colombia 2003, de la Superintendencia de Servicios Públicos y corroborado por la defensoría del pueblo en el año 2005*), lo cual hace muy llamativo la posibilidad de generar alternativas naturales con un alto grado de eficiencia en el tratamiento de agua para consumo humano, fácil de llevar a cabo, a un bajo costo y enmarcado dentro del propósito fundamental de nuestro quehacer profesional como ingenieros agroforestales, tendiente al desarrollo sostenible de nuestras regiones implicando para ello la interacción aprovechamiento-beneficio, de los recursos naturales sin efectos colaterales nocivos para nuestro entorno ambiental.

Es así que tomando como base investigaciones realizadas entre 1989 y 1994 con éxito en un estudio piloto en la depuradora de agua de Thyolo, Malawi, por parte de los investigadores británicos Folkard & Sutherland, y también por Científicos de la Universidad de Upsala, (Suecia) y de la Universidad de Botsuana en Gaborone, Botsuana, documentadas por Kwaambwa HM, Hellsing H, Rennie AR en 2010; así como trabajos llevados a cabo en Cuba y Nicaragua encaminados a la obtención de un producto coagulante a partir de las semillas de *Moringa Oleifera* Lam, tropicalizada en 2010; donde han sido utilizadas las semillas de la planta *Moringa*

*oleífera*, como coagulante primario para la clarificación y depuración de aguas superficiales (Ríos; caños; quebradas; riachuelos; cañadas; etc.) este trabajo ahonda en los efectos producidos en la calidad del agua tratada con este producto, específicamente en lo relacionado con la dureza y alcalinidad total, también se obtiene la dosis óptima y eficiencia en el tiempo de agitación para lograr minimizar la turbiedad, color y demanda química de oxígeno (DQO), para la calidad de agua, dentro de los parámetros establecidos por la normatividad colombiana vigente especialmente el **Decreto 1575 de 2007** “*Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano*” y la **Resolución 2115 de 2007** “*Por medio del cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*”.

Para el análisis se tomaron dos (2) muestras de agua de la fuente denominada Cola de pato en el sector correspondiente a la UNAD; la primera muestra fue para determinar las características físico-químicas y microbiológicas de la fuente hídrica en su estado natural y la segunda muestra fue la del agua de la fuente una vez después de realizado el procedimiento de bioremediación para la clarificación mediante la utilización de semillas de *Moringa Oleífera*; las muestras fueron enviadas al laboratorio para ser analizadas y de donde se obtuvieron los resultados que nos permitan establecer la eficiencia del sistema de purificación de aguas con semillas de *Moringa*, propuesto para este proyecto, mediante la comparación de los parámetros analizados entre los que posee la fuente hídrica Cola de pato sin tratamiento y los obtenidos una vez realizado el tratamiento; a través de un cuadro comparativo donde se especifica el porcentaje de remoción cuantificable de los parámetros requeridos para hacer de esta agua aptas para el consumo humano(dependiendo del contenido microbiológico) y/o para otros usos agroindustriales por ejemplo, o para el tratamiento de aguas de acueductos. Como resultado fundamental de este trabajo se encuentra, la determinación de la eficiencia del uso de las semillas de *Moringa oleífera*, en el proceso de

clarificación y purificación de aguas superficiales en la fuente Cola de pato del sector de la UNAD perteneciente al área rural del municipio de Acacias, para verificar así la posibilidad de un producto coagulante estable capaz de sustituir el Sulfato de Aluminio y el Cloruro Férrico, utilizados tradicionalmente en las Plantas de Potabilización o Tratamiento de Agua (PTAP) de las regiones de nuestro país.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 PERTINENCIA DE ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA.

El agua es el elemento fundamental y vital para los seres vivos. Más del 40% de los habitantes del planeta carece de los servicios sanitarios básicos y más de mil millones de personas no tienen acceso a agua potable, según informan Las Naciones Unidas. *Día Mundial del Agua. Secretario General de las Naciones Unidas. 22 de Marzo 2006.*

Las estadísticas actuales muestran una realidad bastante alarmante afirmó Carol Bellamy, Directora ejecutiva del UNICEF 2005.

- Una de cada seis personas carece de acceso regular al agua potable.
- Las enfermedades vinculadas con el agua tal es el caso de la fiebre tifoidea, la salmonelosis, la disentería bacilar y amibiana, la gastroenteritis y la amibiasis, entre otras, provocan la muerte de un niño cada 8 segundos y son la causa del 80% del total de las enfermedades y muertes del mundo en desarrollo, situación que resulta mucho más trágica si se tiene en cuenta que desde hace mucho tiempo se conoce que esas enfermedades se puedan prevenir en la medida que se tengan los recursos y la disponibilidad de la solución propuesta<sup>1</sup>.

Según lo informan la Naciones Unidas de acuerdo al estudio realizado en el año 2006 y la Universidad nacional de Ingeniería (UNI) de Nicaragua; al ritmo actual de inversiones para el acceso universal al agua potable no podrá anticiparse razonablemente hasta el 2050 en África, para el 2025 en Asia y para el 2040 en

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Apartado 5595. Managua, Nicaragua.



América Latina y el Caribe. En general para estas tres regiones que comprenden el 82,5% de la población mundial el acceso durante los años 90 aumentó del 72% al 78% de la población total<sup>2</sup>.

Sin embargo teniendo en cuenta factores como el crecimiento poblacional y la industrialización han ocasionado un deterioro considerable en la mayor parte de las fuentes hídricas, lagos e incluso aguas subterráneas aumenta constantemente. La contaminación causada por los efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las prácticas del uso del suelo, está reduciendo notablemente la disponibilidad de agua utilizable. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la contaminación del agua dulce de la siguiente manera: "Debe considerarse que un agua está contaminada, cuando su composición o su estado están alterados de tal modo que ya no reúnen las condiciones de utilización a las que se hubiera destinado en su estado natural".

De acuerdo a la definición que da la OMS para la contaminación del agua debe considerarse también, tanto las modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, como los cambios de temperatura provocados por emisiones de agua caliente. Es así que según la entidad ambiental (*ecojovent*) considera: *"El agua brota como el mayor conflicto geopolítico del siglo XXI ya que se espera que en el año 2025, la demanda de este elemento tan necesario para la vida humana será un 56% superior que el suministro... y quienes posean agua podrían ser blanco de un saqueo forzado. Se calcula que para los 6.250 millones de habitantes a los que hemos llegado se necesitaría ya un 20% más de agua."*

El recurso agua es cada vez más apreciado, tanto para uso doméstico, industrial o agrícola. Su escasez, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas, la sitúan como prioridad vital para el desarrollo de las poblaciones. Muchos son los programas emprendidos para el uso racional del vital líquido, sin embargo, gran parte de ellos adolecen de objetividad, ya sea por su difícil aplicación o por el elevado costo que representan, es más, se aborda el problema desde puntos de vistas sofisticados,

---

<sup>2</sup> Ibíd.

sin embargo existen oportunidades valiosas que están a nuestro alcance que solo requieren ser visualizadas, un tratamiento técnico simple y con conciencia de todos<sup>3</sup>.

Para lograr la potabilización del agua es preciso combinar varios tratamientos elementales (pre-tratamientos) cuyas bases pueden ser físicas, químicas o biológicas, con el fin de eliminar, en primer lugar, las materias en suspensiones, luego las sustancias coloidales y después las sustancias disueltas para obtener las características deseadas<sup>4-5-6-7</sup>.

Los procesos de tratamiento para lograr aguas de consumo humano son: clarificación, desinfección, acondicionamiento químico y acondicionamiento organoléptico. De este modo la clarificación incluye la coagulación-floculación proceso mediante el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas, con un peso específico superior al del agua, provocándole a ésta una remoción de la turbiedad orgánica o inorgánica, una remoción del color verdadero o aparente.

Procesos de desinfección como son (la eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos, destrucción de algas y eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos entre otros)<sup>8</sup>.

En Colombia se utiliza tradicionalmente como coagulantes el Sulfato de Aluminio y el Cloruro Férrico sin embargo estos coagulantes metálicos tan solo para los

---

<sup>3</sup> Obtención de un producto coagulante a partir de las semillas de Moringa Oleífera Lam, tropicalizada en Cuba. Documento en línea encontrado en <http://www.monografias.com/trabajosw14/problemadelaagua.htm/> Consultado el día 4 de noviembre de 2010

<sup>4</sup> ARBOLEDA, V. T. (1981) "Teoría y diseño y control de los procesos de clarificación del agua". CEPIS.

<sup>5</sup> Bhole, A.G. (1995) "Relative evaluation of few natural coagulants". Journal of the Indian Waterwork Association, Vol 44, pp 284-290.

<sup>6</sup> G, David (2000) "Water treatment unit processes".

<sup>7</sup> RODRÍGUEZ, S & GARCÍA, O. (2000) "Utilización del cotiledón de la semilla de moringa oleífera lam en la clarificación de agua para consumo humano"

<sup>8</sup> Ibíd (4-5-6-7).

acueductos de las grandes ciudades, pero los sistemas de abasto de las pequeñas comunidades rurales y aquellas que se abastecen de fuentes de fácil acceso no cuentan con sistemas de tratamiento primario químico para el tratamiento de sus aguas.

Son diversos los coagulantes naturales que han sido utilizados en la clarificación de agua, dentro de la extensa gama de productos estudiados hasta la actualidad en el mundo, uno de los que mejores resultados se han obtenido en el tratamiento de aguas superficiales es, la *Moringa oleífera*, utilizada muy comúnmente en áreas rurales de países africanos como Nigeria, Mali, Kenya, Senegal y fundamentalmente en Sudán, los habitantes usan las semillas de los árboles de la familia Moringaceae para la clarificación de sus aguas de consumo, obteniendo resultados que demuestran que de esta familia la especie que presenta las mejores propiedades coagulantes es la *Moringa oleífera*<sup>9-10</sup>.

La familia de plantas Moringaceae, especialmente la *Moringa oleífera*, ha sido objeto de estudio en varios países del mundo, principalmente en Sudán donde las semillas de esta planta fueron aplicadas en diferentes épocas del año en las aguas del río Nilo azul y el Nilo principal. Los resultados de estos estudios reflejaron que las semillas de *Moringa Oleífera* actúan como coagulante primario y su efectividad es comparable con la del Sulfato de Aluminio. Los estudios mencionados también demostraron que estas semillas no provocan ningún efecto tóxico<sup>11-12-13-14-15-16-17</sup>.

---

<sup>9</sup> FOLKARD, G.K. (1992) "Natural coagulant at pilot scale" 18 th WEDC Conference.

<sup>10</sup> FOLKARD, G.K., Grant, W.D & Sutherland, J.P. (1994) "Moringa oleifera as natural coagulant". 20 th WEDC Conference.

<sup>11</sup> Op. Cit. FOLKARD, G.K. (1992)

<sup>12</sup> FRANCIS, J. K. (1980) "Naturalized exotic tree species in Puerto Rico" Departament of agriculture, pp 50-82. Hiderber.

<sup>13</sup> HARRIS, E. (1999)"Protein purification methods "Oxford University Press

<sup>14</sup> <http://semillaspuificadorasdelagua.htm/> Consultado el día 1 de noviembre de 2010

<sup>15</sup> <http://www.desinfect.htm/> Consultado el día 4 de noviembre de 2010

<sup>16</sup> <http://www.winrock.org/forestry/factnet/> Consultado el día 7 de noviembre de 2010

<sup>17</sup> <http://www.treesforlife.org/drumstick.htm/> Consultado el día 10 de noviembre de 2010

Teniendo en cuenta lo anterior y en razón a buscar soluciones al problema del limitado acceso al agua potable planteado en este trabajo se emplea, como alternativa, la utilización de un coagulante natural de fácil adquisición, que permita la clarificación del agua de consumo humano proveniente del Caño Cole Pato en las comunidades rurales y periurbanas, áreas más afectadas en la actualidad.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Pregunta investigación: ¿Realmente las semillas de Moringa Oleífera nos aporta características de descontaminación en aguas para tenerla en cuenta como una alternativa de Bioremediación en los sistemas de tratamiento de aguas superficiales?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficiencia de la utilización de semillas de Moringa Oleífera al utilizarla como un coagulante primario en la purificación de aguas superficiales del caño Cola de pato en el sector de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD- en el Municipio de acacias.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- ❖ Realizar la caracterización de las condiciones del agua en las que se encuentra la cuenca del caño Cola de pato en el Municipio de acacias.
- ❖ Evaluar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de la fuente Caño Cola de pato.
- ❖ Diseñar protocolos de purificación de aguas superficiales con semillas de Moringa Oleífera para otros cuerpos de agua existentes en el municipio de Acacias (Meta).
- ❖ Presentar alternativas para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes rurales del área de influencia.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Según los estudios realizados por diversos investigadores del ámbito internacional avalados por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) se tiene que en el mundo las enfermedades vinculadas con el agua como la fiebre tifoidea, la salmonelosis, la disentería bacilar y amibiana, la gastroenteritis y la amibiasis, entre otras, están ocasionando la muerte de un niño cada 8 segundos y además son la causa del 80% del total de las enfermedades y muertes en el mundo en desarrollo, situación que resulta mucho más trágica si se tiene en cuenta que desde hace mucho tiempo se conoce que esas enfermedades se puedan prevenir<sup>18</sup>.

Por tal motivo se hace indispensable y necesaria la participación institucional en procura de generar estudios importantes en temas de relevancia social y ambiental, para brindar opciones a las comunidades que requieren todo el apoyo y colaboración para mejorar su calidad de vida, con esta visión se plantea el presente proyecto que busca instaurar un sistema de descontaminación de las aguas superficiales a través de la semilla de una planta como la Moringa Oleífera, la cual presta un sinnúmero de beneficios y además no ocasionan daños colaterales para la salud humana, y no genera impactos nocivos para el medio ambiente.

Es importante aclarar que los estudiantes de pregrado en calidad de representantes de la comunidad educativa, están conscientes del compromiso profesional en cuanto al aporte a las comunidades de la región, en lo relacionado con la implementación sistemas pertinentes y adecuados, utilizando los recursos con los que se cuenta en el entorno natural; en su habitat o ecosistema, que generen una convivencia armónica y adecuada con la comunidad, y

---

<sup>18</sup> Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Apartado 5595. Managua, Nicaragua 2010.

primordialmente con el medio ambiente, siempre en procura de mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Razón por la cual el presente proyecto está encaminado a demostrar la eficiencia de un sistema que no cause efectos nocivos para la salud y para el medio ambiente, dirigido al mejoramiento de las condiciones físico-químicas y en la descontaminación, para uso doméstico o agroindustrial entre otros; mediante la utilización de semillas de la planta Moringa Oleífera, la cual presenta componentes floculantes que logran mejorar las características de las aguas que se encuentran en el medio natural y al cual tienen acceso sobre todo los habitantes del sector rural de los municipios, que por cierto casi siempre están expuestos a un sinnúmero de enfermedades producidas en su gran mayoría por el consumo directo de aguas sin ningún tratamiento previo.

## 4. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Tabla 1. Resultados del Censo General 2005 – Acacias.

<b>RESULTADOS CENSO GENERAL 2005</b>	
<b>Población censada después de compensada por omisiones de cobertura geográfica y contingencia de transferencia</b>	
<b>Acacias (Meta)</b>	
<b>Población</b>	<b>54,753</b>
Cabecera	45,289
Resto	9,464
Hombres	28,055
Mujeres	26,698
<b>Hogares</b>	<b>14,092</b>
<b>Viviendas</b>	<b>13,091</b>
<b>Unidades Económicas</b>	<b>2,417</b>
<b>Unidades Agropecuarias<sup>1</sup></b>	<b>1,423</b>

<sup>1</sup>. Unidades asociadas a vivienda rural

Fuente. Dane. 2005.

Acacias es un municipio colombiano, situado en el departamento del Meta. Es uno de los municipios más importantes de este departamento, no solo por su población e importancia económica sino por el tesoro cultural que hay en ella. La ciudad se ubica 28 Km. al sur de Villavicencio, y a 126 Km. de distancia de Bogotá, capital de Colombia. Acacias hace parte de los Llanos orientales y está bastante cerca de la Cordillera Oriental, ramal de la Cordillera de los Andes.

### 4.1 GENERALIDADES DE LA CUENCA

**4.1.1 Ubicación geográfica.** La microcuenca del Caño Cola de Pato se ubica entre las cuencas Sardinata y Acaciitas, en la zona de piedemonte da la Cordillera Oriental en el costado Oriental del Municipio de Acacias (Meta), tiene su nacimiento en la Vereda La Palma y desemboca en el Río Acacias en la Vereda Monteliebano.



**4.1.2 Ubicación Georeferenciada.** Para establecer la ubicación de la microcuenca del Caño Cola de Pato se tienen 3 puntos:

Tabla 2. Coordenadas (X )(Y) de los tres puntos del Caño Cola de Pato.

PUNTO	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)
N°1. Nacimiento	933981	1030366
N°2. Intermedio	935032	1033094
N°3. Desembocadura	931866	1038776

Fuente. Los Autores. 2012.

**4.1.3 Jurisdicción Político-Administrativa.** La microcuenca del Caño Cola de Pato se encuentra ubicada en las veredas La Palma; Alto Acaciitas; Las Blancas; Sardinata; Santa Teresita; El Resguardo y Monteliebano del Municipio de Acacías.

**4.1.4 Precipitaciones y temperatura.** Existen dos periodos anuales claramente establecidos. El primero de precipitaciones mensuales por encima de los 350mm, que corresponde a la época de lluvias comprendido por los meses de Abril a Noviembre. El segundo periodo el tiempo seco, con precipitaciones medias mensuales menores de 250mm, y se presenta en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo. Fuente: IDEAM año 2005.

De acuerdo a los registros históricos de precipitaciones, se tiene que se presenta una disminución en las precipitaciones durante los meses de julio, agosto y septiembre, con medias mensuales de 420,8 mm; 385,2mm y 386,2mm. respectivamente. Fuente: IDEAM año 2005.

La temperatura promedio anual es de 25°C; con temperaturas medias anuales que oscilan entre 17 y 32°C, teniendo que las más bajas temperaturas se

registran en la parte alta del caño Cola de Pato, es decir en la zona correspondiente a la cordillera.

**4.1.5 El agua y sus características.** Al referirse a la calidad del agua se debe tener en cuenta que es un término relativo puesto que está referido a la composición del agua en la medida que esta es modificada por la presencia de sustancias introducidas por procesos tanto naturales (descomposición de materia orgánica, represamientos), como actividades humanas (vertimientos).

Por tal motivo no resulta fácil establecer una clasificación como buena o mala calidad sin referirnos al uso que se le piense destinar al agua, de tal forma que los criterios, los estándares y los objetivos de calidad del agua variarán dependiendo si el agua es para consumo humano; para uso agrícola o industrial, para uso recreativo o paisajístico.

Es así que los límites tolerables de las diferentes parámetros que se deben tener en cuenta para agua potable están normatizadas por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S); La Organización Panamericana de la Salud (O.P.S), y los gobiernos nacionales, variando de uno a otro, para lo cual a continuación se presentan las generalidades establecidas para el concepto, características, usos del agua, así como la pertinencia de establecer alternativas para el mejoramiento de las características físico-químicas y microbiológicas del agua que es la base fundamental de esta propuesta.

## **4.2 EL AGUA**

El agua es un compuesto químico de naturaleza inodora, insabora e incolora.

El agua ocupa la mayor parte de la superficie de nuestro planeta (70%), constituyendo el compuesto químico más abundante en los organismos vivos y siendo el principal componente del citoplasma.

% del agua total del planeta es superficial (ríos- lagos- lagunas) o atmosférica (vapor de agua); el agua se mueve de forma imparable por la superficie de la tierra, haciendo circular muchas sustancias y modelando el relieve terrestre.

Está presente en actividades humanas tanto agrícolas como industriales y también en aquellas actividades que forman la vida cotidiana de cada uno de nosotros.

Es en resumen, uno de los pilares que soportan la estable estructura de la comunidad ecológica.

**4.2.1 Historia.** En el siglo VI a. J.C. con Tales de Mileto, el agua fue considerada uno de los elementos constitutivos del Universo, junto con el aire, la tierra y el fuego. Esta convicción se basaba en que el agua es una sustancia que se puede presentar en la naturaleza en sus tres estados: sólido (hielo, nieve), líquido (mares, ríos,...) y vapor o gas (nubes), los cuales se relacionan entre ellos mediante el ciclo del agua. Así fue como durante más de 2000 años el agua fue considerada un cuerpo simple.

En 1781, Cavendish obtuvo agua en la combustión del hidrógeno y en 1785, Lavoisier llegó a definir su naturaleza de compuesto.

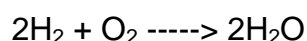
La determinación de la composición exacta del agua ha sido objeto de infinidad de investigaciones, tanto por métodos analíticos como sintéticos:

En los primeros se parte de un peso conocido del compuesto, el cual se separa en sus elementos y se determinan sus pesos.

En los segundos se fijan las proporciones en las que los elementos se combinan para formar el compuesto.

**4.2.2 El agua como compuesto.** El agua es un compuesto basado en moléculas constituidas por 2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno y por lo tanto de fórmula molecular  $\text{H}_2\text{O}$ .

Podemos considerar el agua como el producto de la combustión (oxidación) del hidrógeno con el oxígeno del aire:



La gran reactividad (capacidad para reaccionar) que hay entre el H y el O quiere decir que entre los dos elementos existe una fuerte atracción química, que se manifiesta en el producto de su unión, la molécula de agua, es muy estable.

Por otra parte, el enlace que mantiene unidas las moléculas de agua es de tipo covalente, es decir que los átomos que forman el compuesto comparten un electrón. Además, las moléculas de agua aparecen asociadas entre sí formando grupos mediante los denominados enlaces de hidrógeno, que actúan como pegamento.

La estructura de la molécula de agua puede explicarse teniendo en cuenta que el átomo central de oxígeno está rodeado por cuatro pares de electrones, dos formando enlace y dos solitarios. La molécula tiene por tanto, forma de V, y la repulsión entre átomos de H reduce el ángulo del tetraedro H-O-H a  $104'5''$ .

Disposición de los átomos en la molécula de agua:

#### **4.2.3 Propiedades físicas.**

Peso molecular 18,16 uma

Punto de ebullición a 1 atm=  $100^\circ\text{C}$

Punto de fusión a 1 atm=  $0^\circ\text{C}$

Densidad a 0°C sólido 0,915 g/ml  
Densidad a 0°C líquido 0,99987 g/ml  
Densidad a 4°C líquido 1,0000 g/ml  
Densidad a 100°C líquido 0,95839 g/ml  
Calor de vaporización 40,561 kJ/mol  
Calor de fusión 6,010 kJ/mol  
Calor específico 0,999 cal/g°C  
Conductividad a 25°C 6,10-18 ohm  
Conductividad calórica 0,001 cal/cm.s.°C  
Presión crítica 217,7 atm  
Temperatura crítica 374,1 °C  
Presión triple 4,58 mm hg  
Temperatura triple 0,0753 °C  
Dilatación de liq. a hielo 10 %

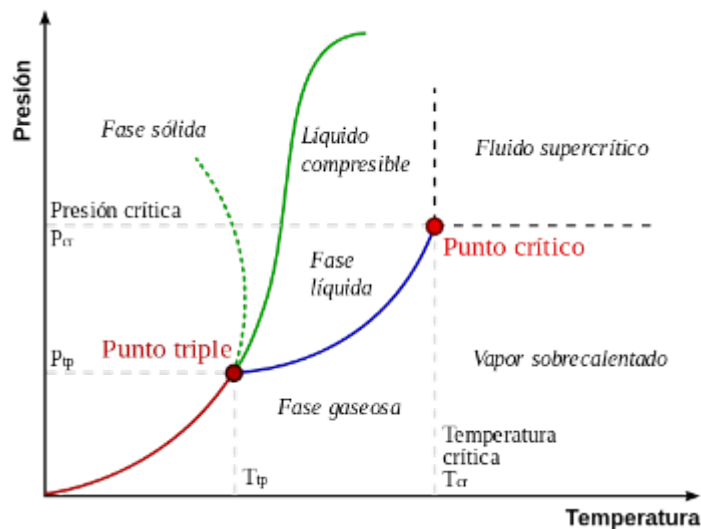
Las propiedades principales del agua se explican por su capacidad de formar enlaces intermoleculares por puentes de hidrógeno, ya mencionados anteriormente. El origen de dichos enlaces se halla en la desigual distribución de la carga negativa y positiva; la molécula se transforma en dipolo, y la atracción entre los polos constituye los enlaces por puente de hidrógeno.

Cada molécula de agua es capaz de formar 4 enlaces, pero sólo a temperaturas bajas los forma realmente. A medida que aumenta la temperatura el número de enlaces entre moléculas va disminuyendo; a 40 °C el número de puentes de hidrógeno existentes es menos de la mitad de los teóricamente posibles. Esta tendencia continúa a la temperatura de fusión y a temperaturas más altas hasta que tiene lugar la completa ruptura de la estructura.

En la estructura del agua al representar gráficamente la presión frente a la temperatura, las curvas que aparecen indican el distinto comportamiento de los

diferentes estados del agua. Estas curvas se cortan en un punto en el que las formas sólida, líquida y vapor están en equilibrio entre sí; el punto triple es, por tanto, de especial importancia, porque en el caso del agua es un punto fijo para la escala absoluta de temperaturas (273'16 °K).

Gráfica 1. Presión frente a la temperatura



Fuente. <http://www.google.com.co/imgres?um=1&hl=es&sa=N&biw=>

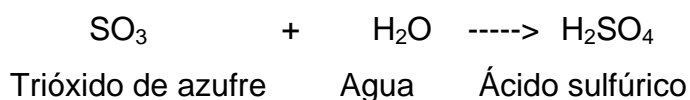
**4.2.4 Propiedades químicas.** Como resultado del dipolo eléctrico asociado a la molécula de agua y como consecuencia de sus posibilidades de formar enlaces de hidrógeno, el agua da compuestos de adición con un gran número de sales. De tal modo, que las moléculas de agua pueden encontrarse asociadas de diferentes maneras:

- **Reacciones con los metales:** A temperatura ordinaria, el agua reacciona violentamente con los metales alcalinos y los alcalinotérreos más pesados. Metales como el Al, Mn, Zn, Fe, Sn, Pb,... reaccionan con el vapor de agua.

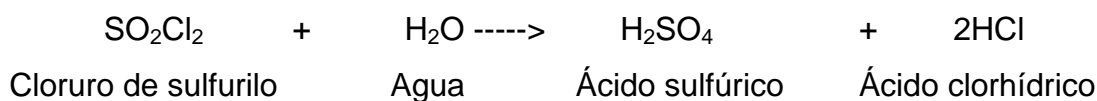
#### 4.2.5 Reacción general.

2Metal + Agua ---> Óxido del metal + Hidrógeno que se desprende.

**4.2.6 Reacciones con los óxidos.** El agua reacciona con los óxidos dando oxácidos o hidróxidos. Ejemplo:

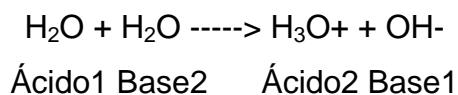


**4.2.7 Reacciones de hidrólisis.** El agua produce la doble descomposición de sales. Ejemplo:



#### 4.3 IONIZACIÓN DEL AGUA

El agua está débilmente ionizada, de forma que puede actuar como un ácido o como una base. La reacción,



Se realiza en poca cantidad en el agua pura. Dado que las concentraciones de los elementos del primer miembro de la ecuación son constantes, la expresión de la CONSTANTE DE EQUILIBRIO es:

$$(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot (\text{OH}^-) = K_w$$

La cantidad de  $K_w$ , se llama CONSTANTE DEL PRODUCTO IÓNICO DEL AGUA. Su valor es de  $10^{-14}$  si las concentraciones se expresan en moles por litro y a  $25^\circ\text{C}$ .

En una solución neutra la concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  es la misma que la de  $\text{OH}^-$ .

#### **4.4 ESTADOS FÍSICOS DEL AGUA**

El agua se encuentra en la naturaleza en los tres estados posibles de la materia: gas, líquido y sólido, presentando en cada estado características y propiedades diferentes, como ya hemos podido observar, ya que su estructura interna ha variado.

##### **4.4.1 Estado gaseoso.**

- El vapor de agua está formado por moléculas que se mueven casi independientemente entre sí.
- Por encima de  $374^\circ\text{C}$  el vapor de agua puede ser comprimido hasta alcanzar cualquier densidad sin licuarse.
- Cuando la densidad tiene el valor de  $0,4\text{ g/cm}^3$  el vapor puede disolver cantidades notables de sales.
- Su estabilidad a la disociación es previsible por su elevado calor de formación; sólo se halla apreciablemente disociada a temperaturas superiores a  $2000^\circ\text{C}$ .
- Su capacidad calorífica la hace conveniente para fines de refrigeración en procesos industriales.

##### **4.4.2 Estado líquido.**

- Las moléculas de agua en estado líquido, tienden a reagruparse debido a los enlaces de hidrógeno y se reorientan cada  $10^{-10}\text{ s}$ , lo que hace que la determinación de su estructura instantánea sea un problema difícil.
- Es un líquido altamente polar y su mayor densidad se presenta a  $4^\circ\text{C}$ .



- El agua puede ser supercalentada aumentando la presión o superenfriada añadiéndole sal común o compuesto ionizante.
- Su conductividad no es muy alta, pero aún así es 1 millón de veces más alta que la de la mayoría de líquidos no metálicos a temperatura ambiente.

#### **4.4.3 Estado sólido.**

- En el líquido anterior a medida que la temperatura baja, los grupos moleculares se unen hasta formar una estructura hexagonal compacta, el hielo.
- En el hielo, las moléculas de agua se ordenan de forma tetraédrica.

Tanto Tamman como Bridgman, en sus estudios sobre el agua sólida, demostraron que además del hielo ordinario, aparecen otras formas sólidas a presiones elevadas. Estas distintas estructuras de los diferentes tipos de hielo, se consideran como un polimorfismo.

#### **4.5 EL AGUA COMO DISOLVENTE**

Se dice que el agua es el “disolvente universal”, y aunque esta afirmación no es totalmente cierta, lo que sí es verdad es que el agua disuelve a más tipos de sustancias y en cantidades mayores que cualquier otro disolvente existente en la naturaleza.

El agua posee esta propiedad por el hecho de tener una elevada constante dieléctrica, que es consecuencia de la naturaleza dipolar de sus moléculas: en las moléculas de  $H_2O$ , el átomo de oxígeno atrae con más fuerza hacia sí las dos parejas de electrones de enlace con cada átomo de hidrógeno y debido a esto, en el átomo de oxígeno hay un exceso de carga positiva y las moléculas de agua son, por tanto, minúsculos dipolos eléctricos.

En particular, este carácter dipolar del agua la convierte en un disolvente excelente de los materiales polares o iónicos, tales como las sales, bases y ácidos, de los que se dice, por ello, que son hidrofílicos (amor al agua).

Por otra parte, el agua no lo puede todo y por tanto, las sustancias no polares, tales como los aceites y las grasas, son virtualmente insolubles en el agua y, por consiguiente, se describen como sustancias hidrofóbicas (repulsión al agua).

Un ejemplo claro de una sustancia hidrofílica es el cloruro de Sodio ( $\text{NaCl}$ ) lo que comúnmente conocemos como sal de mesa, en este caso, el agua que es una molécula polar, tiene polos positivos y negativos, igual que la molécula del cloro y de sodio. Así al introducir sal al agua, los extremos del hidrogeno, que son positivos, se unen a los iones del cloruro que son negativos y los extremos del oxígeno que son negativos, se unen a los iones del sodio que son positivos y los envuelven. Las moléculas que envuelven al cloruro y sodio, impiden que actúen entre si y los iones se separan del cristal de la sal, y así se pierden en el agua y se disuelven.

Por otro lado una de las sustancias hidrofóbicas mas comunes son los hidrocarburos saturados. Al hidratar solutos hidrofóbicos las moléculas de agua pasan a estar unidas por enlaces de hidrógeno y sin estructura fija, formando pentágonos y hexágonos que “encierran” en una especie de “jaula” los dominios y estructuras más apolares.

A continuación dos ejemplos del comportamiento del agua:

**4.5.1 Disolución de sales.** Las moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$  en presencia de partículas cargadas, como pueden ser los iones positivos del  $\text{Na}^+$  o los iones negativos del  $\text{Cl}^-$ , que constituyen los cristales de cloruro de sodio, tienden a colocarse con la parte positiva hacia los iones negativos del cloro y con la parte negativa hacia los iones positivos del sodio. Así, crean una especie de pantalla que debilita los

enlaces iónicos que mantienen unidos los iones de cloro y sodio. Lo que antes era un cristal de sal, se transforma en algo prácticamente indistinguible del agua, dado que los iones de cloro y sodio son desmontados y englobados por moléculas de agua.

**4.5.2 Mezcla con aceite.** Al verter aceite sobre agua, este no se disuelve en ella y ni tan solo se mezclan, de forma que ambos líquidos quedan perfectamente separados formando dos niveles, en el que el superior corresponde al aceite y el inferior al agua, que en pesar más, se va al fondo.

#### **4.6 ESTADO DEL ARTE DEL AGUA**

Lo mismo animales que plantas dependen directamente del agua. El medio externo que rodea los vegetales y animales se halla constituido indistintamente por aire o agua, pero internamente siempre están formados por agua. El agua es el elemento que transporta las sustancias nutritivas: oxígeno, anhídrido carbónico, sales, detritos y también en calor. Aunque fueron numerosos los seres vivientes que se desplazaron desde el agua a la tierra en épocas ya muy remotas, todos ellos han permanecido ligados al agua que constituye su medio interno.

La distribución del agua en los continentes es muy desigual. Los desiertos constituyen un extremo de la escala y los bosques tropicales el otro. Las plantas y los animales que habitan en las regiones desérticas se ven forzados a retener el agua en su organismo. Los animales de dichas zonas suelen subsistir con el agua almacenada en los gruesos tallos y hojas de los vegetales que allí crecen o gastando el agua almacenada en el interior de su organismo.

En las regiones templadas el hombre se ha servido del agua para emplearla en la agricultura y para el abastecimiento de las grandes ciudades. Los ríos a los que van a parar los residuos de los núcleos urbanizados muy poblados suelen tener

las agua contaminadas lo que provoca la muerte de los animales y vegetales que en ellas habitan.

El suministro de agua purificada bien para el consumo humano o para ser utilizada en las industrias es una de las dificultades más graves con que se enfrenta el hombre en la actualidad. Al aumentar la población y progresar los métodos técnicos y el nivel de vida acrecerá la necesidad de agua volviéndose el problema cada vez más difícil de resolver. Allí nacerán las guerras del futuro.

**4.6.1 Procesos de tratamiento de agua.** La fuente de agua determina su calidad inherente.

Las sustancias no deseadas contenidas en el agua natural se separan o se transforman en sustancias aceptables y no aceptables.

La mayor parte de los procesos de tratamiento de aguas originan cambios en la concentración de un compuesto específico.

Debido a lo anterior es importante realizar (pruebas de jarras) o ensayos de recipientes que permitan mediante mediciones de las características físico-químicas del agua, optimizar las variables químicas de los diferentes procesos unitarios para asegurar la calidad final.

Con este proyecto pretendemos modificar: la turbiedad, el color, el PH, las características microbiológicas y otros compuestos en estado coloidal. Esta prueba consiste en poner varias muestras de agua natural en recipientes y agitarlas simulando una mezcla rápida en la planta.

A estos recipientes se le agregan diferentes ppm de compuestos químicos como sulfato de aluminio y cloruro férrico, utilizados en el proceso. Se deja un apropiado

tiempo de mezcla rápida, formación del Floc, determinando cuales fueron los primeros en flocular y luego dejando un tiempo de sedimentación adecuado.

A las muestras se les analizan los parámetros de: PH, turbiedad y color para determinar la dosis optima de los reactivos. En algunos casos los resultados se evalúan después de pasar el clarificado por un filtro piloto o de membrana de 0,45 micras, teniendo en cuenta que para el análisis de orgánicos este material debe ser de fibra de nylon. El objetivo es determinar la dosis que produce la más rápida desestabilización de las partículas coloidales y que permita la formación de un floc pesado y compacto, que pueda ser fácilmente sedimentado y que el microfloc que pueda quedar en el sobrenadante no se rompa al pasar por el filtro.

**4.6.2 Potencial zeta.** Cuando una partícula se mueve en un líquido, tiene lugar un corte en un plano exterior a los iones fijos, es decir, solamente se mueven los iones fijos con la partícula existiendo un movimiento relativo entre la partícula y el fluido, con lo que la carga superficial sólo se neutralizará parcialmente. La partícula se moverá en el líquido como si tuviera un potencial equivalente la potencial del plano de desplazamiento o de cizalla, conocido como potencial electrocinético o zeta (pZ) la magnitud del potencial Z. Depende de la superficie la concentración y la carga transportada por los contraiones.

Como consecuencia de que la carga superficial solo se neutraliza parcialmente, la partícula se moverá hacia el electrodo de signo opuesto bajo la acción de un campo eléctrico (Electroforesis), lo cual se puede aprovechar para determinar el potencial pZ. Por medida de una propiedad electrocinética tal como movilidad electroforética o potencial de corriente.

**4.6.3 Determinación del potencial "Zeta" (PZ) optimo.** El objetivo es determinar el PZ óptimo de coagulación dependiendo de la calidad de agua natural. Se colocan las muestras de agua natural en las recipientes y se adiciona el

coagulante en diferentes dosis, agitar en mezcla rápida durante el tiempo de coagulación optimo luego, tomar una muestra de aproximadamente 100 mililitros y llevarla a la z - metro, para medir PZ en minivoltios, junto con PH y continuar el ensayo adicionando los otros reactivos. (en el caso de EEPP de Medellín, se adiciona polímero aniónico si se considera necesario). Dejar sedimentar 10 minutos y analizar turbiedad, color y aluminio residual.

Tales medidas determinan la magnitud de las fuerzas repulsivas y por lo tanto la estabilidad de las suspensiones, cómo se comportan los sistemas y para optimizar las dosis de sales coagulante, pero tienen que ser usadas con precaución ya que por ejemplo, ciertos agentes de la superficie pueden estabilizar una suspensión. Según la teoría química, los coloides del agua, que son partículas con una estructura definida y con una carga neta negativa distribuida en su superficie, interaccionan químicamente con los productos de hidrólisis (también cargados pero positivamente) del coagulante, traduciéndose el proceso en la precipitación de compuestos insolubles.

En el orden práctico casi todos los coloidales del agua son electronegativos con un valor de potencial pZ. Comprendido entre -14 mv y 30mv.

**4.6.4 Eficiencia de los ayudantes de floculación.** El objetivo de este ensayo es comparar la eficiencia en la remoción de turbiedad y color de varios poli electrolitos para escoger el que mejor se adapte a las características del agua que se quiere analizar. A cada jarra se le debe adicionar la dosis de coagulante previamente seleccionada, variando la dosis del ayudante de floculación entre 0.01 y 0.05mg/l según las recomendaciones del fabricante, excepto en la primera jarra la cual sirve de punto de referencia.

**4.6.5 La coagulación.** Es el proceso de desestabilización química de Partículas coloidales realizadas por adicción de un coagulante al agua el cual neutraliza las cargas responsables de la estabilidad de las partículas cargadas que generan fuerzas de repulsión superficial las cuales están impidiendo la sedimentación por gravedad en tiempos cortos (de 0.5 a 3 horas) de acuerdo al tamaño y naturaleza del coloide esta partícula puede demorar 100 años para sedimentar naturalmente por la acción de la gravedad.

**4.6.6 Floculación.** Es el proceso hidrodinámico en el que se efectúan las colisiones de partículas desestabilizadas favoreciendo la agregación (cohesión) entre ellas, logrando formar aglomerados de partículas coloidales que unidas entre sí alcanzan un peso que las hace sedimentables por gravedad.

De acuerdo con las reglas chulze-hardy de que la velocidad aumenta la valencia los floculantes inorgánicos más empleados son:

- Sales de aluminio. (Sulfatos y cloruros ferrosos y férricos, etc.).
- Sales (sulfatos) y óxidos de calcio.
- Sales de magnesio.
- Salen de zinc.
- Acido sulfúrico.
- Fosfatos.

Los floculantes sintéticos son polímeros lineales de elevado peso molecular, solubles en agua efectivos generalmente en concentraciones muy pequeñas y poseen grupos activos distribuidos a lo largo de sus cadenas, que tiene gran afinidad por las superficies sólidas. El principal mecanismo de floculación de estos es la formación de puentes o enlaces entre los flocs.

La principal sal de aluminio usada es el sulfato de aluminio líquido o sólido. El

intervalo de acción frente al pH., en términos de la solubilidad del hidróxido metálico formado indica que el óptimo se sitúa entre 6 y 7.5 unidades de pH. La reacción teórica producida por el sulfato en el agua es agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación, contribuyendo a la disminución de la carga bacteriana, así como la remoción del color y sabor.

**4.6.7 La sedimentación.** Es la operación consistente en separar de una suspensión un fluido claro, que sobrenada la superficie, y un lodo con una concentración elevada de materias sólidas que se depositan por efecto gravitacional y por tener peso específico mayor que el fluido. La sedimentación se realiza en unidades o reactores en los cuales teóricamente, la masa líquida se traslada de un punto a otro con movimiento uniforme y velocidad constante.

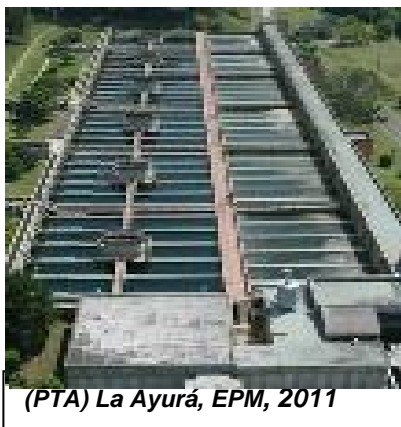
Las partículas aglomerables se obstaculizan mediante la sedimentación antes de unirse, una vez lograda la unión ganan peso y se precipitan a velocidad creciente en el tiempo.

El principal parámetro que influye en la eficiencia remocional de una unidad de sedimentación es la carga superficial, la cual constituye la velocidad crítica de sedimentación.

**4.6.8 La filtración.** Su objetivo es la remoción de sólidos coloidales y suspendidos contenidos en el agua mediante su flujo a través de lechos porosos de partículas sólidas para realizar a adherencia y posterior evacuación de las partículas a

remover.

Un filtro se colmata a medida que su lecho se carga de materias retenidas resultando un efluente no aceptable por lo cual, se debe lavar con agua en contracorriente de filtración. Caso filtro de las plantas del Ayurá EEPP. Medellín y siendo removido el lecho filtrante por la inyección del aire a presión. Si





el lavado es deficiente se pueden formar bolas de lodo y grietas. El funcionamiento de un filtro debe estudiarse desde los puntos de vista de filtración y lavado. Los filtros de la planta Ayurá son compuestos por antracita en un 90% aproximadamente y 10% de arena. Que supuestamente está en la parte del fondo rodeando las toberas, por las cuales pasa el agua al falso fondo y de allí a los sifones en donde se realiza la función del control de la carrera de filtración, de allí el agua pasa al tanque de lavado en donde se le agrega el cloro.

**4.6.9 La cloración.** El cloro es un elemento halógeno, no metálico, no se encuentra libre en la naturaleza, es un componente importante de minerales hálito (sal de rocas o cloruro sódico) silvita (cloruro potásico) y carnalita, y un cloruro en el agua de mar.

En estado líquido es de color amarillo o ámbar claro, olor irritante, muy baja conductividad eléctrica, soluble en cloruros y alcoholes. Es una agente oxidante extremadamente fuerte, ligeramente soluble en agua fría. Cuando se adiciona cloro al agua se forma una mezcla de ácido hipocloroso (HOCl) y ácido clorhídrico.  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HOCl} + \text{HCl} (\text{H}^{++}\text{C}^-)$ .

Esta reacción tiene lugar en unos cuantos segundos a condiciones de presión y temperatura ambientes.

Se tolera solamente 1 p.p.m. de cloro gaseoso en el aire.

El cloro se aplica al agua filtrada para eliminarle los microorganismos patógenos aún presentes en ella. Entre ellos el bacilo de Cook causante de la tuberculosis. Se busca que el residual de cloro en el último tanque servido por la planta sea al por menos 0.05 p.p.m. de cloro. El cloro libre se busca que sea de 1 a 1.3 p.p.m. en la planta y el cloro combinado de 0.05 a 0.08 p.p.m. al cloro que existe en

forma de ácido hipocloroso y de ion hipoclorito se le denomina cloro libre, la suma del cloro libre y el combinado es el cloro total.

Otra forma de oxidar la materia orgánica del agua filtrada es por medio del ozono pero es un proceso costoso, difícil de manejar y el ozono es muy inestable. Por ello en Colombia se prefiere manejar este parámetro con cloro gaseoso.

**4.6.10 Alcalinización secundaria.** Al agua filtrada y clorada se le agrega la cantidad adecuada de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) para aumentarle el pH (más o menos entre 7.5 a 8.5) con el fin de formar una película de carbonato internamente en la tubería de conducción del agua y así evitar la corrosión y la incrustación de la red y para favorecer muchos de los usos del agua en la industria. Siendo además útil para prevenir la acidez estomacal.

**4.6.11 Pruebas de laboratorio efectuadas al agua durante el proceso de purificación.** El agua se debe controlar horariamente para asegurar la calidad contratada con la ciudad y prevenir riesgos contra la comunidad y el medio ambiente, para ello cada planta tiene un laboratorio en donde realiza los análisis de: turbiedad, color, pH. , Alcalinidad, cloruros, dureza, demandas de permanganato y carbón activado, demanda de peróxido de hidrógeno o permanganato de potasio (para oxidar la materia orgánica), polimeración del agua y control del pZ y cloración.

Allí se toman unas muestras para ser analizadas en el laboratorio de calidad y control el cual mide a su vez muestras tomadas en diferentes puntos de la red servida en la ciudad.

**4.6.12 Desalinización.** También desalación, proceso que consiste en eliminar el componente salino del agua. Su aplicación fundamental es la producción de agua potable a partir de agua de mar o de agua continental salobre. La reducción de la

salinidad del agua se puede realizar por diversos métodos: congelación, destilación clásica, ósmosis y sistemas basados en el intercambio de iones (electrodiálisis). La falta de abastecimiento suficiente de agua dulce en muchos países, junto con la existencia de reservas enormes de agua de mar y salobre, ha conducido a un desarrollo progresivo de las técnicas de desalinización. Desde hace un siglo se realiza la desalación del agua de mar en los navíos, y en la actualidad hay muchas instalaciones terrestres, aunque el rendimiento producido por el aprovechamiento tradicional del agua dulce sigue siendo mayor; sin embargo, todavía se continúa investigando en nuevas técnicas o en el perfeccionamiento de las ya utilizadas. En Colombia se utiliza en las Islas de San Andrés y Providencia.

### **ANTECEDENTES DE BIOREMEDIACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS.**

**Coagulantes naturales de origen natural utilizados en el tratamiento de aguas.**

#### **❖ PENCA DE TUNA:**

El coagulante de origen orgánico **Cactus lefaria** ha sido ampliamente usado en los estados de Lara y Falcón (Venezuela), como sustituyente del sulfato de aluminio en el proceso de clarificación del agua. Martínez y colaboradores, investigadores de la universidad de Zulia realizaron un estudio para evaluar la eficiencia de Cactus lefaria como coagulante natural. Los ensayos se realizaron a escala de laboratorio, preparando aguas turbias sintéticas con valores de turbidez iniciales de 20 a 150 UNT. Los estudios realizados demuestran que la planta remueve la turbidez entre un 80 y 90 %.

#### **❖ MANDIOCA O YUCA:**

Canepa y colaboradores en su estudio Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de **lixiviados** de un relleno sanitario demostraron que plantas con alto contenido de almidones como el plátano o la yuca son buenos en el proceso de coagulación-floculación en **lixiviados**.

#### **❖ SAMÁN:**

Gonzales y colaboradores estudiaron el exudado gomoso de Samanea samán como coagulante natural, estableciendo la dosis óptima mediante prueba de jarras

y determinando algunos parámetros físicos. Los resultados obtenidos demuestran la eficiencia de remociones significativas entre 99.7% y 99.8%.

**Las pruebas de jarras** son simulaciones en el laboratorio, de las operaciones de coagulación-floculación-decantación que se realizan en las plantas de tratamiento y purificación de aguas.

❖ **MORINGA OLEÍFERA:**

Es una de las plantas en las que más se han hecho estudios en la evaluación como coagulante natural. La utilización de las semillas de moringa molidas ha dado muy buenos resultados en países asiáticos y africanos para la clarificación de aguas. Las semillas de Moringa podría llegar a ser una alternativa para evitar muchas de las muertes que ocasiona anualmente el agua contaminada. Las semillas poseen una sustancia coagulante y floculante que captura las partículas en suspensión en el agua y provocan que se precipiten. Las semillas pueden emplearse artesanalmente moliéndolas y en **gran escala** para purificar el agua.

Se han realizado varios trabajos en el mundo y en los últimos años en el Perú, en la utilización de productos naturales, cuyas características y propiedades permiten su empleo como coagulantes y floculantes primarios y/o ayudantes en el tratamiento de agua (Arnal et al. 2006; Babu et al. 2005). No obstante, a los buenos resultados obtenidos tanto a nivel internacional como nacional, resulta de gran interés continuar profundizando en algunos aspectos muy necesarios en la utilización de estos productos naturales.

#### **4.7 SISTEMA ALTERNO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS: SEMILLAS PARA PURIFICACIÓN DE AGUAS**

En procura de utilizar coagulantes naturales, disponibles en la región latinoamericana, varios investigadores se han dado la tarea de analizar plantas como la MORINGA OLEIFERA.

La utilización de las semillas de Moringa molidas ha dado muy buenos resultados en países asiáticos y africanos para la clarificación de aguas.

La Moringa es una planta nativa del norte de India, pero crece muy bien en América tropical, donde es conocida, entre otros nombres, como: Terebinto, Teberinto, Arango, Marango, Narango, Árbol de las perlas, Chinto borrego,

Jacinto, Paraíso blanco, San jacinto, Perla de la India o Rábano picante. Es una planta de rápido crecimiento, alcanzando hasta 4 m de altura; su reproducción puede ser sexual (por semillas) o asexual (por estacas)<sup>19</sup>.

#### **4.7.1 La Moringa - (*Moringa oleífera* Lam).**

##### **Clasificación científica**

**Reino:** Plantae

**(Sin clasif.):** Eudicots

**(Sin clasif.):** Rosids

**Orden:** Brassicales

**Familia:** Moringaceae

**Género:** Moringa

**Especie:** m. oleífera

**Nombre binomial:** moringa oleífera lam.

**4.7.2 La moringa como depurador de agua.** Es significativo que muchos de los nombres comunes que recibe la Moringa hagan mención específica a la capacidad del mismo para purificar agua. En el valle del río Nilo, la Moringa oleífera es conocida como "Shagara al Rauwaq" que significa: "Árbol que purifica" (von Maydell, 1986). Las semillas de la Moringa actúan como floculante natural. Este floculante actúa capturando partículas en suspensión en el agua y provocando que estas se unan entre sí y se precipiten al fondo; el modo de empleo es artesanal, simplemente consiste en moler las semillas maduras y envolverlas en algún tipo de tejido que impida que se disgreguen al introducirlas en el agua a purificar.

El ingrediente activo: es un poli-electrolito que ha sido recientemente identificado y aislado por los laboratorios de BIOMASA en Nicaragua. Para obtener un kilogramo de este elemento son necesarios unos 100 kg de semillas<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Apartado 5595. Managua, Nicaragua

#### **4.7.3 Características para su uso.**

- Las bayas o vainas, deben madurarse en el árbol y se recolectan cuando están secas.
- Las semillas deben abrirse, quitándoles la cascarita y dejando una pequeña "almendra" blanquecina, la cual debe ser finamente molida, tipo harina.
- Para tratar agua de río con turbiedad moderada, determinada por Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT) se requieren de 150 a 300 mg. de semilla molida por litro de agua turbia.
- Con agua limpia, y semillas molidas se hace una pasta, la cual se diluye en un recipiente que pueda cerrarse. Se agita muy bien por 5 minutos. Seguidamente, se filtra para eliminar la partículas más grandes y luego este filtrado se adiciona en el agua a tratar.
- Colocada la solución preparada con las semillas de moringa, en el agua a tratar, se procede a agitar todo el volumen por 2 minutos y se deja en reposo aproximadamente por una hora. El agua clarificada puede hacerse pasar por un filtro de arena para completar el proceso de purificación o bien podría hacerse el control microbiológico con cloración.

#### **4.7.4 Procedimiento para el tratamiento de aguas superficiales para uso doméstico.**

- Las semillas de Moringa se deben dejar madurar en el árbol y cosechar una vez secas (descarte las descoloridas).
- Las 'alas' livianas y las cáscaras de las semillas se sacan fácilmente dejando los granos blancos de las semillas.
- Los granos blancos son finamente triturados y/o macerados usando un mortero. La cantidad de semillas que se necesitan para tratar el agua de río depende de la

---

<sup>20</sup> <http://www.treesforlife.org/drumstick.htm/> Consultado el día 10 de noviembre de 2010

cantidad de materias suspendidas en el agua. Las personas que las estén usando en seguida se familiarizan con las necesidades cambiantes del agua a medida que la cantidad de sedimentos que hay en el agua cambia con la temporada.

- Las semillas secas y molidas se pueden almacenar. Pero la pasta hay que prepararla fresca todos los días.

### **Ejemplo:**

#### **Para tratar 20 litros de agua:**

- Dos gramos de semillas trituradas (equivalente a dos cucharadas de 5 ml o dos tapas de las botellas de gaseosa).
  - Agua limpia
  - Una botella limpia.
  - Agua de río
- 
- Añada el agua a la semilla triturada para formar una pasta.
  - Ponga la pasta en una botella limpia
  - Agregue una taza (200 ml) de agua limpia y agite por cinco minutos. Esto dinamiza el ingrediente activo de las semillas trituradas.
  - Filtre esta solución con un trozo de tela de algodón blanco, adicionándola al recipiente con los 20 litros de agua de río.
  - Revuelva el contenido rápidamente por dos minutos y luego lentamente por unos 10 ó 15 minutos. Durante este período lento de mezcla, las semillas de la moringa unen (coagulan) las partículas pequeñas, las cuales se hunden y depositan (sedimentación) en el fondo del balde.
  - Después de una hora aproximadamente se debe obtener agua cristalina.

Según los estimativos con este proceso se logra remover entre el 90–99.9% de bacterias que está adherida a las partículas sólidas, además de limpiar clarificar el agua. Sin embargo, algunos microorganismos nocivos para la salud no son

removidos en el proceso, todo depende del grado de contaminación que presente el agua. Por lo tanto para lograr obtener agua totalmente potable, se recomienda usar algún tipo de purificación complementaria puede ser -hirviéndola o usando un filtro sencillo de arena (Cloración).

Foto 1. Comparación de aguas sin tratamiento y tratadas con semillas de moringa  
- 1m=1000mg; x= 50mg; x= 0,05gm de semillas de Moringa/lt.agua



Fuente. Los Autores. 2012.

**4.7.5 Tratamiento de grandes cantidades de agua.** Según lo indagado se realizó un trabajo experimental en Thyolo, en el sur de Malawi, donde se construyó una central depuradora de agua como un sistema modelo para el pueblo. No se necesita energía eléctrica para operarla, en Malawi, en 1993, se importaron químicos de Sudáfrica que le costaron más de £400.000 en divisas extranjeras, los resultados obtenidos durante las pruebas usando las semillas de moringa fueron tan buenos como los que se obtienen con químicos comerciales, pero a un mínimo del costo en comparación con los procesos químicos tradicionales.

De acuerdo a experiencias se calcula que se necesitan entre 50–150 mg. de semillas trituradas para un litro de agua. Para determinar cuántas semillas se necesitan se pueden realizar pruebas en envases pequeños.

Muchos países en vías de desarrollo como el nuestro podrían ahorrar grandes sumas de dinero adoptando estas ideas.



El grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Leicester, Inglaterra, ha estado estudiando el uso potencial de coagulantes naturales a gran escala en centros depuradores de agua. El trabajo ha estado investigando las propiedades naturales de la semilla triturada del árbol Moringa oleífera. <sup>(25)</sup>

Durante tres meses se siguió la apariencia y efectividad coagulante del producto, conservado a una temperatura de 4°C, el mismo se dosificó cada 15 días en el agua procedente de la misma fuente utilizada en la toma de muestras anteriores, los valores de turbiedad, color y pH variaron en los días en que se realizaron la toma de muestras, aunque no de forma significativa.

Tabla 3. Efectividad del coagulante en tres meses a 4°C

		Turbiedad media (NTU)	% Remoción	Color medio (UC)	PH medio
15 día	Agua Cruda	53	-	70	8,3
	Muestra	3	94,33	10	8,1
30 día	Agua Cruda	50	-	70	8,0
	Muestra	3,8	92,40	10	7,95
45 día	Agua Cruda	60	-	70	8,1
	Muestra	4,55	92,42	10	7,85
60 día	Agua Cruda	57	-	70	7,9
	Muestra	4,25	92,54	10	8,1
75 día	Agua Cruda	48	-	70	8,0
	Muestra	5,5	88,54	10	8,05
90 día	Agua Cruda	50	-	70	7,6
	Muestra	3,8	92,4	10	8,0

Fuente. Laboratorio de Cuba

En la tabla se puede observar que hasta los 90 días la solución obtenida mantiene un elevado efecto coagulante, lográndose valores de remoción de turbiedad por encima del 88%, el color en todos los casos disminuye 60 unidades y el pH no se ve afectado significativamente en este período.

El producto no mostró precipitación ni turbiedad, el olor y color no se vieron afectados durante el tiempo señalado. Por lo que se puede concluir que el mismo es estable a una temperatura de 4° C y hasta los 90 días después de obtenido.

## 5. METODOLOGÍA

El agua utilizada procede de la fuente hídrica denominada Caño Cola de pato del municipio de Acacias, las semillas de Moringa oleífera, proporcionada por el Administrador Agropecuario Juan Bottia, residente en la ciudad de Villavicencio.

La solución de Moringa Oleífera utilizada se preparara en todos los casos a una concentración del 1%.

Todos los datos de los ensayos llevados a cabo: turbiedad, alcalinidad total, hierro, manganeso, demanda química de oxígeno, color, dureza total y determinación de proteínas, se han tomado a manera de ejemplo del sitio Web. [www.moringa.es](http://www.moringa.es), los cuales se realizaron a partir de los métodos descritos en el Standard Methods for the Examination of Water and wastewater. <sup>(3)</sup> y que tiene como propósito ser replicados en las fuentes de nuestros municipios.

### 5.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Tabla 4. Niveles utilizados

Parámetros	Nivel	
	Bajo	Alto
Dosis (mg/L)	30	150
Velocidad de agitación Rápida (rpm)	80	140
Tiempo de Agitación Rápida (min)	1	3
Velocidad de agitación Lenta (rpm)	20	40
Tiempo de Agitación Lenta (min)	3	15

Fuente. Laboratorio Cuba.

A partir del análisis estadístico se utilizó en las restantes pruebas de jarras las siguientes condiciones de agitación y mezclado:

Velocidad de agitación rápida = 100 rpm

Tiempo de agitación rápida óptimo = 3 min

Velocidad de agitación lenta = 40 rpm

Tiempo de agitación lenta = 15 min

Sedimentación = 1 h

Además de la dosis se tomó como otro factor el tiempo de agitación rápida, producto que en todos los casos este siguió en orden de significación a la dosis.

Para determinar el óptimo de los factores analizados se minimizó la Turbiedad, Color y Demanda química de Oxígeno, maximizándose el Índice de Willcombs. Los resultados mostrados por este análisis se presentan a continuación:

Tabla 5. Valores óptimos.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Dosis	-1,0	1,0	-0,00881174
Tiempo agitación rápida	-1,0	1,0	0,0186458

Fuente. Laboratorio Cuba..

Tabla 6. Variables reportadas por el modelo

Variable respuesta	Óptimo
Color	10,715
DQO	76,2206
IW	10,0
Turbiedad	4,39818

Fuente. Laboratorio Cuba.

En la tabla 5 se observan los valores óptimos de la dosis y el tiempo de agitación rápida, los mismos son reportados por el Statgraphics 5,0 de forma codificada, los valores de estos parámetros decodificados son de 89.5 mg/L para la dosis y 2 min para el tiempo de agitación rápida.

Con la dosis y el tiempo de agitación rápida óptimos se realizó una corrida para probar la efectividad del modelo obtenido, los resultados muestran para el color un porcentaje de error es de 6,6%, para la Demanda química de Oxígeno de 1,3% y para la turbiedad de 2,3%, manteniéndose el Índice de Willcombs en 10. Por lo que se considera que el modelo obtenido se ajusta, con un bajo porcentaje de error, al fenómeno estudiado.

**¿QUÉ?:** Poner en práctica un sistema de tratamiento de aguas superficiales para el mejoramiento de las características físico-químicas.

#### **5.1.1 Paso a paso del procedimiento.**

- Las bayas o vainas, deben madurarse en el árbol y se recolectan cuando están secas.
- Las semillas deben abrirse, quitándoles la cascarita y dejando una pequeña "almendra" blanquecina, la cual debe ser finamente molida, tipo harina.
- Para tratar agua de río con turbiedad moderada, se requieren de 150 a 300 mg. de semilla molida por litro de agua turbia.
- Con agua limpia, y semillas molidas se hace una pasta, la cual se diluye en un recipiente que pueda cerrarse. Se agita muy bien por 5 minutos. Seguidamente, se filtra para eliminar partículas muy grandes gruesos y luego este filtrado se adiciona en el agua a tratar.
- Colocada la solución preparada con las semillas de moringa, en el agua a tratar, se procede a agitar todo el volumen por 2 minutos y se deja en reposo aproximadamente por una hora. El agua clarificada puede hacerse pasar por un

filtro de arena para completar el proceso de purificación.

**5.1.2 Diseño de los protocolos.** Para el desarrollo de esta investigación tomaremos dos muestras de agua; la primera será con agua del caño Cola de Pato en su estado natural y la segunda muestra será tomada del agua de la misma fuente tomada del mismo punto pero con tratamiento previo realizado con las semillas de Moringa; tanto la primera como la segunda muestra serán llevadas al sitio especializado en este caso ha sido seleccionado el laboratorio de aguas de la Universidad Tecnológica de los Llanos (UNILLANOS) para realizarles los análisis físico-químicos y bacteriológicos.

Una vez conocidos los resultados de dichos análisis se compara el grado de contaminación que existe en la fuente hídrica (Caño Cola de Pato) sin tratamiento previo y cuáles son las características del agua de la fuente hídrica en mención y de esta manera verificar la efectividad de las semillas de Moringa en la descontaminación o tratamiento de aguas. Sean los resultados positivos como se menciona en la lectura se procede a utilizar un filtro “artesanal” tipo arena, carbón, arcilla para garantizar un agua de calidad apta para el consumo directo o mediante el proceso de cloración para control microbiológico.

De acuerdo al planteamiento de la propuesta de descontaminación de las aguas superficiales mediante la utilización de semillas de Moringa Oleífera, determinando el tipo de investigación como Cualitativa en lo relacionado con las características actuales de la fuente de tipo físico-químico y microbiológico pero a su vez también está la parte cuantitativa ya que se tomarán los valores registrados de acuerdo a los resultados de análisis del laboratorio para establecer la eficiencia del sistema de descontaminación propuesto (herramienta la estadística y porcentajes), de igual manera esta investigación se basa en un procedimiento de tipo inductivo ya que dependiendo de los resultados obtenidos en la fuente específica Cola de Pato se podrá aplicar a diversas fuentes hídricas.

Tabla 7. Caño Cola de Pato –Sector Unad-Acacias (Meta). Coordenadas del punto seleccionado para la toma de muestras de agua.

SITIO N°	UBICACIÓN	
	Norte	Este
1	1030366	933981

Fuente. Los autores. 2012.

Foto 2. Coordenadas del punto seleccionado para la toma de muestras de agua.



Fuente. Los autores. 2012.

Los parámetros físicos químicos y bacteriológicos analizados para cada punto de monitoreo, son: Ph, Sólidos Totales, Acidez, Alcalinidad, Turbidez, Potasio, Sodio, Dureza, Cal, Dureza Total, Hierro, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Coliformes Totales y Fecales y microorganismos Aeróbicos.

## 6. ANALISIS DE RESULTADOS

La caracterización se realizará para establecer en específico los siguientes resultados:

**Ph:** El ph es una medida de la actividad de los iones hidrógenos. Es básicamente la medición de la acidez o basicidad de una muestra de agua. Sus valores limites condicionan la supervivencia de organismos, en valores entre 4,5 Unid y 8,5 unidades, ya que el ph fisiológico por lo general es 7,4 unidades<sup>21</sup>.

### 6.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA

Foto 3. Análisis físico-químico del agua.



Fuente. Los autores. 2012.

**Tabla 8. Análisis físico-químico del agua.**

Parámetro Físicoquímico	Valor Admisible	METODO ANALITICO	Unidades	Resultado	
				Muestra 1	Muestra 2
ph.	6,5-9,0	Potenciómetro	-----	6.40	6.10
<b>Sol. Totales</b>	Max. 500 mg/l	Método gravimétrico	mg/l	140.0	80.0

<sup>21</sup> Brown, G.G (1988) "Operaciones básicas de la ingeniería química".



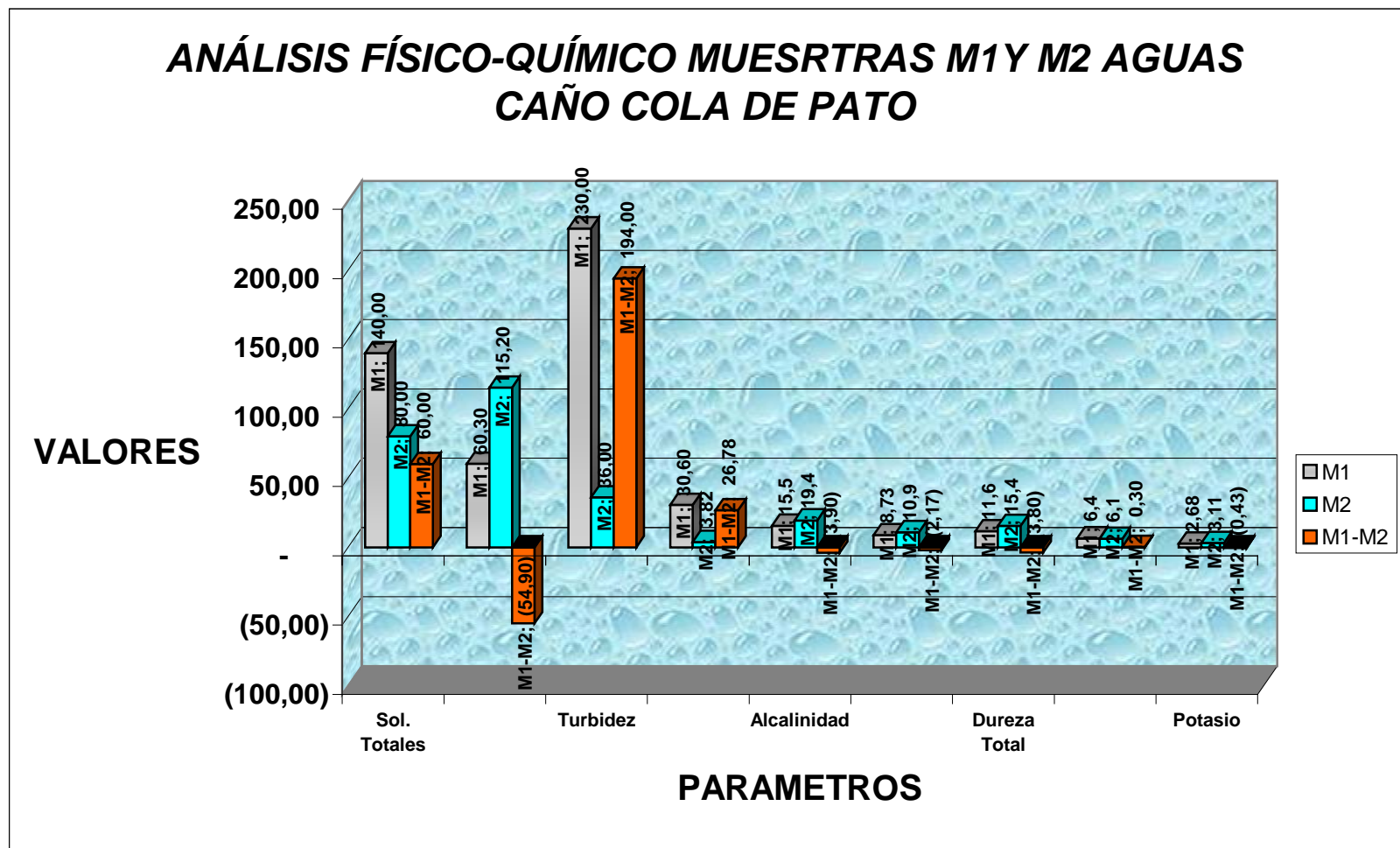
Continuación Tabla 8. Análisis físico-químico del agua.

Parámetro Físicoquímico	Valor Admisible	METODO ANALITICO	Unidades	Resultado	
				Muestra 1	Muestra 2
<b>Acidez</b>	Hasta 50 mg/l	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	60.3	115.2
<b>Alcalinidad</b>	Hasta 100 mg/l	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	15.5	19.4
<b>Turbidez</b>	Hasta 5 unid	Especto fotométrico	NTU	230.0	36.0
<b>Potasio</b>	N.R	Absorción atómica	mg/l	2.68	3.11
<b>Sodio</b>	N.R	Absorción atómica	mg/l	0.80	1.47
<b>Dureza Cal</b>	Hasta 60 mg/l	Método titulación	mg/l	8.73	10.9
<b>Dureza Total</b>	Hasta 180 mg/l	Método titulación	mg/l	11.6	15.4
<b>Hierros</b>	Hasta 0,3 mg/l	Absorción atómica	mg/l	0.80	0.34
<b>Carbonatos</b>	N.R	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	0.00	0.00
<b>Bicarbonatos</b>	N.R	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	0.68	0.44
<b>Cloruros</b>	Hasta 250 mg/l	Método titulación	mg/l	30.6	3.82

Fuente. Laboratorio de aguas UNILLANOS. 2012.

Muestra 1: Agua sin tratamiento. Caño Cola de pato.

Muestra 2: Agua con tratamiento Caño Cola de pato.



➤ El deterioro observado en las características de la muestra 1 (agua sin tratamiento) no solo es producido por las descargas de aguas negras (vertimientos), sino que además se suman los aportes de residuos sólidos y residuos peligrosos por parte de los habitantes ribereños: envases plásticos y metálicos, prendas de vestir, bolsas plásticas, llantas de vehículos, residuos orgánicos, juguetes, cadáveres de animales domésticos, vísceras, desechos de cocina, latas, etc.; estos son entre otros los materiales contaminantes observados a través de todo el cauce medio y bajo.

➤ Sin embargo y el cual es el propósito de la presente investigación se logró corroborar que el tratamiento de las aguas del caño Cola de pato con las semillas de *Moringa oleífera*, es altamente eficiente en cuanto que se presenta una modificación benéfica importante en los sólidos totales pasando de 140mg/l a 80mg/l lo cual equivale al 42,85% de remoción de sólidos totales y la turbidez de 230NTU a 36NTU lo cual equivale al 84,34% de remoción en la turbidez en sólo una hora, dado que la mayor parte de las partículas sólidas que se encuentran en suspensión ocasionan la turbidez de las aguas.

➤ Teniendo en cuenta lo anterior, indica que utilizando la semilla de *Moringa* como floculante natural estaría reemplazando los floculantes utilizados en la actualidad como son {Sales de aluminio. (Sulfatos y cloruros ferrosos y férricos, etc.); Sales (sulfatos) y óxidos de calcio; Sales de magnesio; Sales de zinc; Ácido sulfúrico; Fosfatos.} Los cuales generalmente causan algún efecto secundario en los organismos.

➤ Según lo observado mediante la investigación realizada con la aplicación de semillas de *moringa oleífera* como floculante natural asevera que el compuesto activo (POLI-ELECTRÓLITOS) de estas semillas es altamente efectivo a la hora de utilizarlo como alternativa para el tratamiento de aguas superficiales.

Foto 4. Uno de los investigadores revisando datos del análisis microbiológico.



Fuente. Los autores. 2012.

## 6.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Los resultados obtenidos para la presencia de coliformes fecales en la muestra indicará, el nivel de afectación que posee al fuente hídrica Cola de Pato debido a factores como la potrerización en las partes altas la cual influye directamente en la alta presencia de coliformes fecales provenientes del ganado.

Tabla 9. Análisis microbiológico de las dos muestras.

MUESTRA	MICROORGANISMOS AEROBICOS. (V/R:<30ufc/ml)	COLIFORMES TOTALES. (V/R:<3/ml)	COLIFORMES FECALES. (V/R: Negativos)
1	98.000 ufc/ml	1.100 /ml	POSITIVOS.
2	72.000 ufc/ml	1.100 /ml	POSITIVOS.

Fuente. Laboratorio de aguas UNILLANOS 2012.

Muestra 1: Agua sin tratamiento. Caño Cola de pato.

Muestra 2: Agua con tratamiento Caño Cola de pato.

Sin embargo y a pesar de las condiciones de la fuente (gran cantidad de organismos aeróbicos y coliformes totales) se evidencia que mediante la aplicación del tratamiento con semillas de Moringa y sin ningún tipo de procedimiento adicional como filtrado o sustancias químicas para el control de coliformes se obtuvo una reducción importante en los microorganismos aeróbicos los cuales pasaron de 98.000 ufc/ml a 72.000 ufc/7ml significando una disminución del 26.5% porcentaje de remoción de microorganismos aeróbicos.

**COLIFORMES TOTALES Y FECALES:** La denominación genérica de coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancias revelantes como indicadores de contaminación del agua y alimentos.

Por lo general están relacionados con la degradación de materia orgánica (totales), sin embargo los generos *Escherichia* y *Citrobacter* (fecales) son habitantes típicos del tracto digestivo de animales y seres humanos.

En cuanto a la calidad bacteriológica se busca, de acuerdo a las muestras tomadas en el punto de monitoreo determinar la presencia o no de positivo para coliformes.

Este trabajo, además de establecer el nivel de contaminación de la fuente Caño Cola de Pato, pretende implementar una alternativa de descontaminación mediante la utilización de las semillas de Moringa; también busca generar mecanismos eficientes para disminuir la contaminación y poder encaminar acciones hacia la utilización de este Caño, como fuente inspiradora de recorridos educativos, recreación y esparcimiento para los habitantes del municipio y visitantes en general.

Según la información consultada en estos momentos el agua del Caño Cola de Pato no puede ser utilizada para consumo humano.

## CONCLUSIONES

- ❖ Los datos obtenidos en el presente proyecto donde se aplicó dentro del proceso de purificación de aguas superficiales, la floculación con semillas de Moringa como alternativa de biorremediación, comprueba la eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos, dado que se obtuvo una remoción superior al 84% pasando de 230NTU a 36NTU; demuestra una posibilidad viable y eficiente ante la aplicación de este floculante natural a las fuentes hídricas de nuestra región.
- ❖ El proyecto investigativo: ***“Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de Moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de acacias”*** pudo verificar la gran ventaja que representa la utilización de las semillas de Moringa oleífera en el mejoramiento de las características físico-químicas, dado que es un producto cien por cien natural y que por ende no causa ningún perjuicio o efecto nocivo a la salud; además tiene un menor costo en comparación con los floculantes químicos utilizados en la actualidad; que su aplicabilidad es sencilla y que no requiere de sistemas complejos o costosos para su uso; y que además permite obtener resultados prácticamente inmediatos, lo cual hace que esta propuesta este llamada a ser tenida en cuenta para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del sector rural de nuestra región; tanto por las instituciones educativas, como por las entidades gubernamentales y no gubernamentales siendo una alternativa económica, viable que deseen brindar apoyo a las comunidades que en la actualidad no poseen cobertura de redes de acueducto y/o alcantarillado. y que en la actualidad no son tenidas en cuenta a la hora de desarrollar proyectos de índole sanitaria, ni de salubridad.

- ❖ Las características físico-químicas y microbiológicas de la fuente hídrica denominada Caño Cola de pato, perteneciente al sector rural del municipio de Acacias (Meta), seleccionada para la realización del presente proyecto, la cual en el momento de la toma de muestras para evaluar la eficiencia del sistema para el mejoramiento de las características del agua mediante la utilización de semillas de Moringa, de acuerdo a lo observado y a los datos obtenidos en el laboratorio, mediante análisis, los cuales arrojaron unos datos de un altísimo grado de contaminación, representados en la turbidez, los sólidos en suspensión, la elevadísima presencia de coliformes totales; lo cual correspondía a uno de los propósitos de la investigación, puesto que de esta manera se evaluaría de manera veraz la eficiencia del sistema de tratamiento para aguas superficiales propuesto, dado que si se tomara, como referente aguas con características más favorables, se podrían generar falsas expectativas a la hora de implementar el sistema. Por tal motivo, después de analizar los resultados obtenidos se logro corroborar la eficiencia de la utilización de semillas de Moringa oleífera, como alternativa para la floculación y sedimentación de sólidos suspendidos presentes en las aguas, con lo que se abre la posibilidad de tener en cuenta las semillas de Moringa para el mejoramiento de la calida de las aguas superficiales destinadas a usos domésticos, ya que según la información cuantificada en los datos del laboratorio de aguas de la Universidad de los Llanos –UNILLANOS- demuestra una altísima efencia en relación a la remoción de sólidos suspendidos y turbidez de la guas del Caño Cola de Pato.
- ❖ De acuerdo a la experiencia realizada dentro de los protocolos establecidos para clarificación de las aguas del Caño Cola de Pato tal mediante la utilización de semillas de Moringa como alternativa de bioremediación en la purificación de aguas superficiales; la remoción lograda con apenas 300mg. de semilla/Litro, fue de aproximadamente para los sólidos totales pasar de 140mg/l a 80mg/l lo cual equivale al 42,85% de remoción de sólidos totales y la

turbidez de 230NTU a 36NTU lo cual equivale al 84,34% de remoción en la turbidez y para los microorganismos aeróbicos pasar de 98.000 ufc/ml a 72.000 ufc/ml significando una disminución del 26.5% en porcentaje de remoción de microorganismos aeróbicos, en tan sólo una hora, y con una agitación de 15 minutos; además sin la utilización previa, ni posterior de otro método de remoción tipo filtrado, da un gran aliciente para el futuro de esta investigación.

## RECOMENDACIONES

- Sea esta la oportunidad para dejar en claro que la planeación, el desarrollo y la ejecución del presente proyecto ***“Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de Moringa oleifera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de acacias”*** es simplemente el inicio de un proceso que deberá rendir frutos de excelentísima capacidad, puesto que se dejan sentadas las bases para próximas investigaciones en donde se logren obtener avances significativos en relación a la utilización de métodos y alternativas de bioremediación con productos naturales que generen beneficios de índole teórica en el caso de la universidad, pero a la vez de tipo social dado que el proyecto esta básicamente dirigido a presentar una opción para el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos ya que es viable, aplicable y repetible en los sitios donde la población requiera el uso de agua para consumo doméstico, de tal manera que a través de la presente propuesta se esta dando el primer paso de los miles que se pueden dar hacia el un megaproyecto que tenga repercusión, regional y nacional en materia de sistemas de tratamiento de aguas.
- Teniendo esta experiencia como base cabe sugerir que dentro nuestro quehacer profesional como Ingenieros Agroforestales, esta la posibilidad de generar proyectos de establecimiento forestal de la especie Moringa oleifera, dadas sus virtudes y características exaltadas a lo largo de este trabajo, que complemente la proyección de esta propuesta.





## **BIBLIOGRAFÍA**

APHA-AWWA-WPCF. (1998) "Standard Methods for the Examination of Water and wastewater" American Public Helth Association. New York. 20th.

ARBOLEDA, V. T. (1981) "Teoría y diseño y control de los procesos de clarificación del agua". CEPIS.

BHOLE, A.G. (1995) "Relative evaluation of few natural coagulants". Journal of the Indian Waterwork Association, Vol 44, pp 284-290.

BROWN, G.G (1988) "Operaciones básicas de la ingeniería química".

CASTILLO, R & HERRERA, M. (2000) "Determinación de parámetros de un tratamiento físico-químico de aguas residuales" Universidad de Yucatán, México.

DAVID, G (2000) "Water treatment unit processes".

FOLKARD, G.K. (1992) "Natural coagulant at pilot scale" 18 th WEDC Conference.

FOLKARD, G.K., Grant, W.D & Sutherland, J.P. (1994) "Moringa oleifera as natural coagulant". 20 th WEDC Conference.

FONTANILLS, L. A. (1998) "Una tecnología apropiada para la clarificación de aguas de consumo humano en poblaciones periurbanas y rurales".

FRANCIS, J. K. (1980) "Naturalized exotic tree species in Puerto Rico" Departament of agriculture, pp 50-82. Hiderber.

HARRIS, E. (1999)"Protein purification methods "Oxford University Press.

JANSON, J. C & RYDEN L. (1998) "Protein purification: Principles, High-resolution Methods and Applications" Second Editions. New York.

KANASAWA, K. (1999). "Biotechnology Pharmacia Bull"

KHALILI, R.S., SUTHERLAND, J.P & FOLKARD, G.K. (1997) "Filtration with natural coagulant water d sanitation for all" Partnerships and Innovation, Proceeding of the 23rd WEDC Conference, Durban, South Africa. pp 143-145.

Norma Cubana de Agua Potable NC-92-03

OSMINIS, Inc (1997) "The pure water handbook".

Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2000. PNUMA. Ed. Mundi- Prensa. 2000

Peters, M. S (1968) "Plant Design and Economics for Chemical Engineers" 2da Ed. Edición Revolucionaria.

RAM, J. (1995) "Moringa-a highly nutritious vegetable" Traides No 2.

RODRÍGUEZ, S & GARCÍA, O. (2000) "Utilización del cotiledón de la semilla de moringa oleífera lam en la clarificación de agua para consumo humano"

SAMAWI, A.A & SHOKRALL, E.M. (1996) "An investigation into an indigenous natural coagulant" Journal of Enviromental Science and Helth. Vol. A 31, No 8, pp 1881-1897.

VIVENDI Enviromntal (2000) Annual Report

## **CIBERGRAFÍA**

<http://semillaspuificadorasdelagua.htm/> Consultado el día 1 de noviembre de 2010

<http://www.cepis.org.pe/bvsAIDIS/PuertoRico29/escobar.pdf>

<http://www.desinfect.htm/>

<http://www.monografias.com/trabajosw14/problemadelaagua.htm/>


<http://www.treesforlife.org/drumstick.htm/>

[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo\\_8/Pages/Proceso\\_tratamiento\\_aguas\(b\)\\_continuacion.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo_8/Pages/Proceso_tratamiento_aguas(b)_continuacion.htm)

<http://www.winrock.org/forestry/factnet/> Consultado el día 7 de noviembre de 2010

# **ANEXOS**

Anexo 1. Formato de informe de resultados del análisis muestra 1.



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
INSTITUTO DE AGUAS DE LA ORINOQUIA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS  
Formato de informe resultados análisis

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA**

Fecha de recepción de muestra 27 /Enero /2012  
 Recibo de Pago N.201047  
 Empresa, entidad o persona GERMAN RICARDO MELO  
 Dirección Agua caño cola de pato sin tratamiento (1)  
 Municipio Acacias Departamento Meta  
 Número de muestra 4057 espacio exclusivo ( Lab. aguas)  
 Fuente Hídrica: Río     , Caño x, Laguna     , aljibe     , Pozo       
 Otro      Cual ?     

**RESULTADOS**

PARAMETRO FÍSICOQUÍMICO	VALOR ADMISIBLE	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
pH	6.5 - 9.0	Potenciométrico		6.40
Sólidos totales	Máximo 500mg/l	Método Gravimétrico	mg/l	140.0
Acidez	Hasta 50 mg/l	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	60.3
Alcalinidad	Hasta 100mg/l	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	15.5
Turbidez	Hasta 5 NTU	Especto fotométrico	NTU	230.0
Potasio	N.R	Absorción atómica	mg/l	2.68
Sodio	N.R	Absorción atómica	mg/l	0.80
Dureza Calcio	Hasta 60 mg/l	Método titulación	mg/l	8.73
Dureza Total	Hasta 180 mg/l	Método titulación	mg/l	11.6
Hierro	Hasta 0.3 mg/l	Absorción atómica	mg/l	0.80
Carbonatos	N.R	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	0.00
Bicarbonatos	N.R	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	0.68
Cloruros	Hasta 250 mg/l	Método titulación	mg/l	30.6

**Autorizado por el Ministerio de Protección Social resolución 01426 del 25 de Abril de 2008, renovado resolución 5456 de 2009.**

Fecha del reporte Febrero 9 de 2012

**OBSERVACIONES: N.D: No detectado**  
 Análisis garantizado solo para esta muestra  
**N.R: NO ESTA REPORTADO EN LA NORMA TÉCNICA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE.**

Responsable: Qco. DANIEL ANTONIO AGUILERA Firma 

Formato ERM-001, 16/08/2010, Diseño CIE

## Anexo 2. Formato de informe de resultados del análisis muestra 2.



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
INSTITUTO DE AGUAS DE LA ORINOQUIA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS  
Formato de informe resultados análisis

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA**

Fecha de recepción de muestra 27 /Enero /2012  
 Recibo de Pago N.201049  
 Empresa, entidad o persona GERMAN RICARDO MELO  
 Dirección Agua caño cola de pato con tratamiento (2)  
 Municipio Acacias Departamento Meta  
 Número de muestra 4058 espacio exclusivo ( Lab. aguas)  
 Fuente Hídrica: Río     , Caño x, Laguna     , aljibe     , Pozo       
 Otro      Cual ?     

**RESULTADOS**

PARAMETRO FISICOQUIMICO	VALOR ADMISIBLE	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
pH	6.5 - 9.0	Potenciometrico		6.10
Sólidos totales	Maximo 500mg/l	Método Gravimetrico	mg/l	80.0
Acidez	Hasta 50 mg/l	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	115.2
Alcalinidad	Hasta 100mg/l	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	19.4
Turbidez	Hasta 5 NTU	Especto fotométrico	NTU	36.0
Potasio	N.R	Absorción atómica	mg/l	3.11
Sodio	N.R	Absorción atómica	mg/l	1.47
Dureza Calcica	Hasta 60 mg/l	Método titulación	mg/l	10.9
Dureza Total	Hasta 180 mg/l	Método titulación	mg/l	15.4
Hierro	Hasta 0.3 mg/l	Absorción atómica	mg/l	0.34
Carbonatos	N.R	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	0.00
Bicarbonatos	N.R	Método titulación	mgCaCO <sub>3</sub> /l	0.44
Cloruros	Hasta 250 mg/l	Método titulación	mg/l	3.82

**Autorizado por el Ministerio de Protección Social resolución 01426 del 25 de Abril de 2008, renovado resolución 5456 de 2009.**


**Fecha del reporte Febrero 9 de 2012**

**OBSERVACIONES: N.D: No detectado**  
**Análisis garantizado solo para esta muestra**  
**N.R: NO ESTA REPORTADO EN LA NORMA TECNICA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE.**

**Responsable: Qco. DANIEL ANTONIO AGUILERA** Firma: 

Formato ERM-001, 16/08/2010. Diseño C3E.

Anexo 3. Formato de informe de resultados del análisis bacteriológico muestra sin tratamiento.

	UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	CÓDIGO:
	PROCESO GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA	VERSIÓN: <span style="float: right;">PAGINA: 1 de 7</span>
	RESULTADO ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS	FECHA:
		VIGENCIA:

MUESTRA	Agua sin tratamiento	No DE RECIBO	201928	
SOLICITADA POR	Ricardo Melo	TELÉFONO		
PROCEDENCIA	Caño Cola de Pato	MUNICIPIO	Acacias	
SITIO	Parte Alta	TRATADA	SI	NO
HORA DE LA TOMA	9:00 a.m	FECHA DE RECEPCIÓN	Febrero /14/ 2012	

RTO DE MICROORGANISMOS AERÓBICOS:		98.000 ufc/ml	V/R: < 30 ufc/ml	
RTO DE COLIFORMES TOTALES:		1.100 /ml	V/R: < 3/ml	
RTO DE COLIFORMES FECALIS:		Positivos	V/R: Negativos	


OBSERVACIONES: Agua no apta para el consumo humano  
Análisis garantizado solo para esta muestra


  
**LUZ ADÍELA GÓMEZ LEAL**  
 Bacterióloga Esp

**FEBRERO -14- 2011**  
 Fecha



Anexo 4. Formato de informe de resultados del análisis bacteriológico muestra con tratamiento.

	UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	CÓDIGO:	
	PROCESO GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA	VERSIÓN:	PAGINA: 1 de 7
	RESULTADO ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS	FECHA:	
		VIGENCIA:	

MUESTRA	Agua con tratamiento	No DE RECIBO	201928		
SOLICITADA POR	Ricardo Melo	TELÉFONO			
PROCEDENCIA	Caño Cola de Pato	MUNICIPIO	Acacias		
SITIO	Parte Alta	TRATADA	SI	X	NO
HORA DE LA TOMA	9:00 a.m	FECHA DE RECEPCIÓN	Febrero /14/ 2012		
RTO DE MICROORGANISMOS AERÓBICOS:		72.000 ufc/ml	V/R: < 30 ufc/ml		
RTO DE COLIFORMES TOTALES:		1.100 /ml	V/R: < 3/ml		
RTO DE COLIFORMES FECALES:		Positivos	V/R: Negativos		
<p>OBSERVACIONES: Agua no apta para el consumo humano Análisis garantizado solo para esta muestra</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">   <b>LUZ ADÍELA GÓMEZ LEAL</b>              Bacterióloga Esp         </div> <div style="text-align: center;"> <b>FEBRERO -14- 2011</b>              Fecha         </div> </div>					

Anexo 5. Archivo fotográfico.

### Procedimiento para la toma de muestras del Caño Cola de Pato



## Pasos para la aplicación del tratamiento con semillas de Moringa Oleífera







Anexo 6. Muestras para ser enviadas al laboratorio para el respectivo análisis.



## Anexo 7. Cronograma

ACTIVIDAD	M ES 1	M ES 2	M ES 3	M ES 4	M ES 5	M ES 6	M ES 7	M ES 8	M ES 9	M ES 10	M ES 11	ME S 12	ME S 13
Diseño de encuesta	X												
Aplicar encuesta	X												
Analizar resultados y tabular datos		X											
Charla de sensibilización		X	X										
Capacitación				X	X	X							

## Anexo 8. Resultados o productos esperados

### Generación de nuevo conocimiento

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Artículo “tratamiento de aguas superficiales con semillas de moringa”	1	Comunidad científica. Comunidad educativa

### Fortalecimiento de la Comunidad científica

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Registro en el sistema SCIENTI de COLCIENCIAS.	1	Comunidad científica
Publicación de un artículo en una revista	1	

### Apropiación Social del Conocimiento

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Folletos informativos sobre tratamiento de aguas superficiales con semillas de Moringa	1	Comunidad rural
Socialización en purificación de aguas superficiales con semillas de Moringa	1	Comunidad rural

### Impactos esperados

Impacto esperado	Plazo (años) después de finalizado el proyecto: corto (1-4 ) mediano (5-9) largo (10 o más)	Indicador verificable	Supuestos*
Social	Corto	90%	75% de las Familias utilizando el método de tratamiento en pro del Mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del sector rural
Económico	Mediano	80%	Mejoramiento en sus actividades económicas
Ambiental	Mediano	90%	Mejoramiento en su entorno natural,



## Anexo 9. Presupuesto

### Descripción del equipo humano y su dedicación.

NOMBRE	TÍTULO	FUNCIÓN	DEDICACIÓN (#HORAS)	CEAD
Germán Melo	Ing. Agroforestal	Investigador	4	Acacias
Fabio Turriago	Ing. Agroforestal	Investigador	5	Acacias

### Descripción y justificación de compra de equipos y software que se planea adquirir (en miles de \$).

DESCRIPCION DEL EQUIPO	JUSTIFICACION	VALOR EN MILES DE \$

### Descripción y justificación de los viajes (en miles de \$)

DESCRIPCION DEL VIAJE	JUSTIFICACION	VALOR EN MILES DE \$
Visita al municipio de Acacias	Llegar directamente a la fuente donde se requiere proponer la alternativa	40

Valoraciones salidas de campo (en miles de \$)

ÍTEM	COSTO UNITARIO	#	TOTAL
Recorrido por las áreas rurales	200.000	3	600.000
Toma de muestras del cuerpo de agua Cola de pato	80.000	2	120.000
TOTAL			720.000

Materiales y suministros (en miles de \$)

MATERIALES*	JUSTIFICACIÓN		VALOR
Papelería (Folletos)	Entrega de información		300.
Semilla de Moringa	Entrega de semilla a la comunidad		180.
Laboratorio	Análisis de muestras		200.
Envases para las muestras	3.000	2	6.
TOTAL			686

Bibliografía (en miles de \$)

ÍTEM	JUSTIFICACIÓN	VALOR
TOTAL		

Servicios Técnicos (en miles de \$)

TIPO DE SERVICIO	JUSTIFICACIÓN	VALOR
TOTAL		